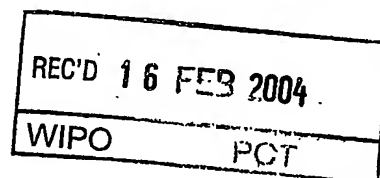




PCT/CH 2004/00072

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA



Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

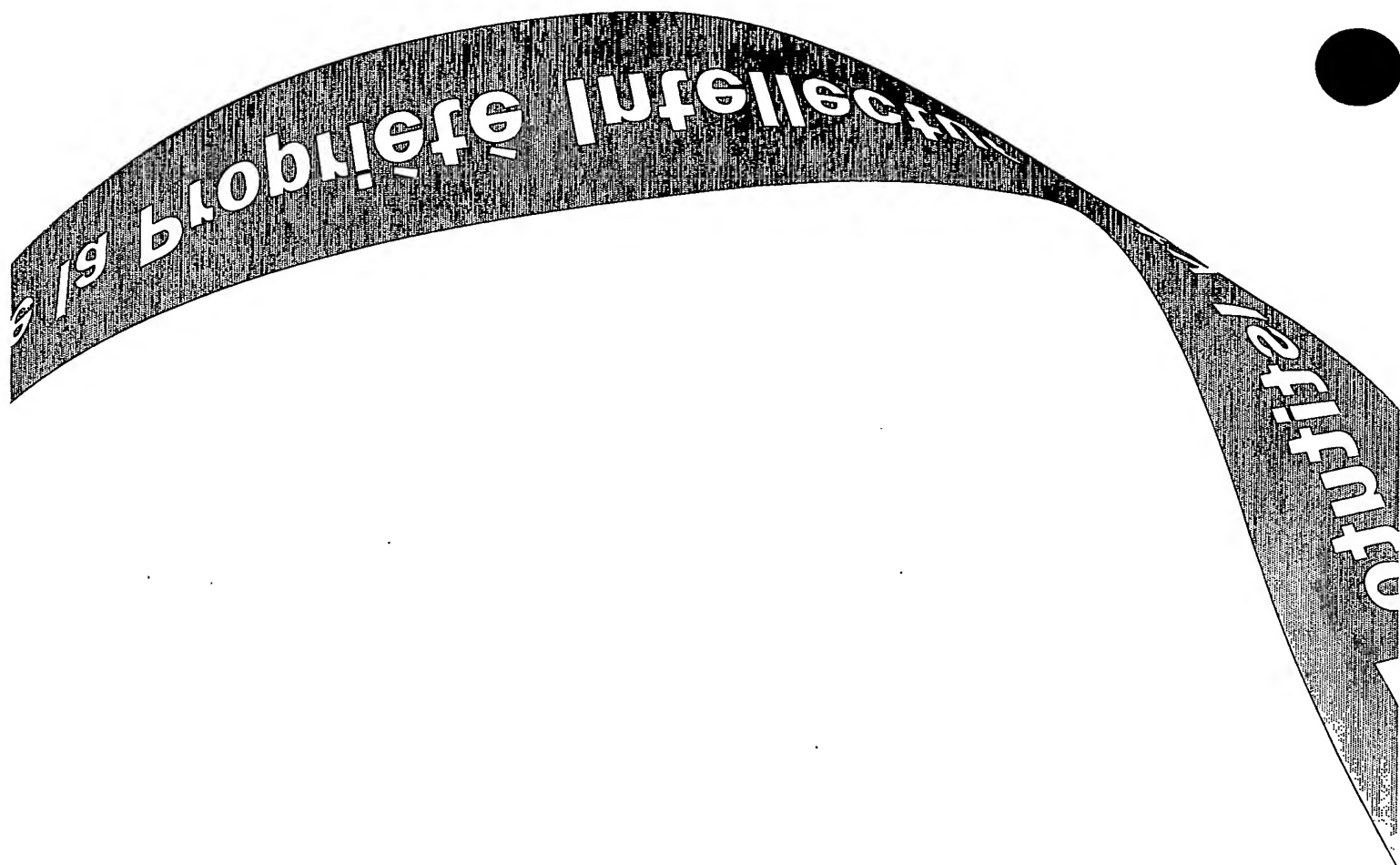
Bern, 09. Feb. 2004

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

H. Jenni
Heinz Jenni



Patentgesuch Nr. 2003 0494/03

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Elektrisch variables pneumatisches Bauelement.

Patentbewerber:

Prospective Concepts AG

Rietstrasse 50

8702 Zollikon

Vertreter:

Dr. R.C. Salgo European Patent Attorney

Rütistrasse 103

8636 Wald ZH

Anmeldedatum: 21.03.2003

Voraussichtliche Klassen: E04H

Unveränderliches Exemplar
Exemplaire Invariable
sempare Immutabile

44/03

Erfinder: Fritz Fuchs

Anmelder: Prospective Concepts AG
Rietstrasse 50
CH-8702 Zollikon

**Elektrisch variables
pneumatisches Bauelement**

Patentanwalt: Dr. R.C. Salgo
Rütistrasse 103
CH-8636 Wald

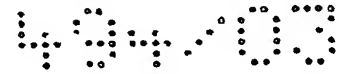
PAR-0301

Elektrisch variables pneumatisches Bauelement

Die vorliegende Erfindung betrifft Mittel zur Veränderung der Betriebsparameter eines pneumatischen Bauelementes in der Form eines langgestreckten luftdichten Hohlkörpers mit mindestens einem auf der Lastseite längs des Hohlkörpers verlaufenden Druckstab und mindestens zwei in gegenläufigem Schraubungssinne um den Hohlkörper gespannten Zugbändern. Dabei beginnen bzw. enden die Zugbänder an Knotenelementen, welche an den Enden des mindestens einen Druckstabes angeordnet sind, und umschlingen den Hohlkörper je mindestens einmal. Solche pneumatische Bauelemente sind an sich bekannt, beispielsweise aus WO 01/73245 (D1).

Dabei besteht das pneumatische Bauelement aus einem beispielsweise textilmarmierten flexiblen gasdichten Hohlkörper. An diesem ist auf der Aussenseite mindestens ein längs einer Mantellinie verlaufender Druckstab so angeordnet, dass er nicht ausknicken kann. An den Enden dieses Druckstabes sind zwei Zugbänder befestigt, welche den im Wesentlichen rohrförmigen Hohlkörper in gegenläufigem Schraubungssinne einmal umschlingen und einander auf einer Mantellinie des Hohlkörpers, welche jener des Druckstabes gegenüberliegt, auf der halben Länge des Hohlkörpers überkreuzen. Die Stellen, wo der Druckstab mit den Zugbändern verbunden ist, sind Knoten, in welche auch die Auflagekräfte eingeleitet werden. Damit werden in das pneumatische Bauelement keine Biegemomente eingeführt ausser jenen, die aus der Nutzlast - und dem Gewicht - des pneumatischen Bauelementes herrühren.

Das in D1 offenbarte pneumatische Bauelement weist verschiedene, sich im Betrieb äussernde Nachteile auf: Das Bauelement oder eine Kombination mehrerer Bauelemente wird beim Aufbau über ein oder mehrere Ventile mit Druckluft beaufschlagt und behält anschliessend die beaufschlagte Druckluftmenge bei. Die drei wesentlichen Betriebsparameter des Elementes, nämlich der Druck im Hohlkörper, die Zugspannung in den Zuelementen und die Druckspannung im Druckstab, sind definiert durch die Geometrie der Einzelteile und durch den anfänglich gewählten Betriebsdruck im Hohlkörper.



Mit Ausnahme des Druckes in den Hohlkörpern, sofern er über Ventile und Druckleitungen während des ganzen Betriebes geregelt wird, bleiben die Grössen beim unbelasteten Bauelement unverändert und können nicht an besondere Betriebszustände angepasst werden. Die Regelung des Druckes mittels zentraler Druckerzeugung und Verteilung zu den Bauelementen ist aufwändig und teuer. Die Druckleitungen welche zu jedem Bauelement führen müssen, können zudem einen schnellen und unkomplizierten Aufbau grösserer Strukturen, bestehend aus den genannten pneumatischen Bauelementen, erschweren.

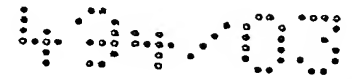
Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung von pneumatischen Bauelementen mit Zug- und Druckelementen, deren Betriebsparameter Hohlkörperüberdruck und Zug- und Druckelementspannung auf einfache Weise entweder einzeln oder simultan variiert, kontrolliert und geregelt werden können. Eine derartige Kontrollvorrichtung ist sehr vorteilhaft, um beispielsweise durch Temperaturschwankungen hervorgerufene Druckveränderungen auszugleichen; sie ermöglicht eine selbsttätige Sicherheits-, Energie-, Vibrations- und Formkontrolle von Bauteilen und macht aus dem pneumatischen Bauelement eine intelligente, adaptive Struktur, welche sinnreich den aufgrund von veränderlichen Betriebsparametern wechselnden Umständen angepasst werden kann.

Die Lösung der Aufgabe ist wiedergegeben im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 hinsichtlich ihrer wesentlichen Merkmale, in den weiteren Ansprüchen hinsichtlich ergänzender vorteilhafter Ausbildungen.

Anhand der beigefügten Zeichnungen wird der Erfindungsgegenstand anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1a,b schematische Darstellungen eines pneumatischen Bauelementes gemäss dem Stande der Technik in Seitenansicht und in einer Isometrie,



- Fig. 2a,b schematische Darstellungen eines ersten Ausführungsbeispiels mit erhöhtem Hohlkörperinnendruck im Quer- und Längsschnitt,
- 5 Fig. 3a,b schematische Darstellungen eines ersten Ausführungsbeispiels mit erniedrigtem Hohlkörperinnendruck im Quer- und Längsschnitt,
- 10 Fig. 4a,b,c schematische Darstellungen eines zweiten Ausführungsbeispiels mit variierbarer Druckstab- und Zuelementlänge mit passiven und aktivierten Aktoren,
- 15 Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Druckstabes mit integriertem piezoelektrischem Stapelaktor im Längsschnitt,
- 20 Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Zugbandes mit integriertem elektrostrikktivem Polymeraktor im Längsschnitt.

Fig. 1a,b sind schematische Darstellungen eines Ausführungsbeispiels gemäss dem aktuellen Stande der Technik (D1). Fig. 1a zeigt es in Seitenansicht und Fig. 1b in isometrischer Darstellung. Das gezeigte pneumatische Bauelement besteht aus einem langgestreckten, im Wesentlichen zylindrischen mit Druckluft beaufschlagten Hohlkörper 1 der Länge L und mit einer Längsachse A , welcher aus einem flexiblen und luftdichten Material gefertigt ist. Auf seiner Oberseite ist ein auf axiale Kräfte beanspruchbarer Druckstab 2 angebracht. Dessen Enden sind als Knoten 3 ausgestaltet, an denen je zwei Zuelemente 4 befestigt sind. Die axialen Enden des Hohlkörpers 1 tragen je eine Kappe 5; beispielsweise eine dieser Kappen 5 ist mit einem Ventil 6 zur Be- und Entlüftung des Hohlkörpers ausgerüstet.

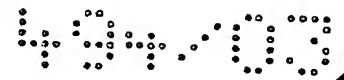
Die zwei Zuelemente 4 umschlingen den Hohlkörper 1 schraubenförmig in entgegengesetztem Umlaufssinne beispielsweise je einmal mit konstanter Ganghöhe. Daher überschneiden sie ein-

ander an einer Stelle 8 in der Mitte einer dem Druckstab 2 gegenüberliegenden Mantellinie 7. Druckstab 2 und Mantellinie 7 liegen beide in einer Symmetrieebene E_s , welche ebenfalls die mit A bezeichnete Längsachse des Hohlkörpers 1 enthält.

5 Fig. 2a zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer elektrophysikalischen fluidverstärkten Kontrollvorrichtung für den Innendruck des Hohlkörpers 1 im Querschnitt, Fig. 2b im Längsschnitt. Im Innern des Hohlkörpers 1 ist eine flexible oder elastische gasdichte Blase 12 angebracht. Diese Blase 12 ent-
10 hält einen Behälter 9, mit einer volatilen Flüssigkeit 10 (z. B. FCKW). Die Flüssigkeit 10 steht mit ihrer Gasphase 15 im Gleichgewicht. Die Wahl der Flüssigkeit 10 richtet sich nach der Betriebstemperatur, bei welcher das Bauelement betrieben wird. Ihr Siedepunkt ist mit Vorteil im Bereich von dessen
15 Betriebstemperatur. Der Behälter 9 ist mittels einer Öffnung 11 mit dem Innenraum der Blase 12 verbunden.

Im Behälter 9 integriert ist weiter eine elektrische Wärmepumpe 13 mit umkehrbarer Wärmestromrichtung, z.B. ein Peltierelement, deren eine Seite mit der Flüssigkeit 10 bei-
20 spielsweise mittels Lamellen 24 thermisch in Kontakt steht und deren andere Seite Wärme ausserhalb der Blase 12 aufnehmen oder sie dorthin abgeben kann. Je nach Richtung des Wärmestroms der Wärmepumpe 13 kann die Flüssigkeit 10 geheizt oder gekühlt werden. Wird die Flüssigkeit 10 erwärmt und auf
25 diese Weise zum Verdampfen gebracht, so resultiert aus dem Phasenwechsel der Flüssigkeit 10 von flüssig zu gasförmig eine Volumenausdehnung dieses Stoffes um das Mehrhundertfache, was in einem begrenzten Volumen mit einer Druckzunahme einhergeht. Bei Abkühlung des Gases 15 unter den Siedepunkt kondensiert es, was wiederum zu einer Druck- und Volumenabnahme
30 führt.

Mindestens ein elektrischer Drucksensor 14 dient der Druckmessung des Druckes p_1 , der normalerweise sowohl in der Blase 12 und dem Behälter 9 als auch im Hohlkörper 1 herrscht. Um
35 ein Leck und einen damit verbundenen Druckabfall im Hohlkörper 1 zu erkennen, kann ein zweiter Drucksensor 14 im Hohlkörper 1 aber ausserhalb der Blase 12 angebracht werden. Viele mögliche Ausführungen solcher Drucksensoren sind dem Fach-



mann bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht näher erläutert. Ein Kabel 16 führt den Strom zur Wärmepumpe 13 und leitet die Messsignale des mindestens einen Drucksensors 14 zu einer programmierbaren Steuer- und Regelelektronik 23, welche den Druck p_1 , beispielsweise bei Temperaturschwankungen, konstant halten oder auf andere Art und Weise verändern kann.

Die Erhöhung des Druckes im Hohlkörper 1 führt gleichzeitig zu einer Erhöhung der Zugspannung in den Zugelementen 4 und zu einer Erhöhung der Druckspannung im Druckstab 2.

Die Konstruktion der Blase 12 wird so ausgeführt und die Menge n der Flüssigkeit 10 so bemessen, dass bei einer Maximaltemperatur T_{\max} und einem Maximalvolumen V_{\max} die Blase 12 dem entstehenden Druck $p_{1\max}$, welcher für ein ideales Gas $(nRT_{\max})/V_{\max}$ beträgt, standhält, und das Gas 15 und die Flüssigkeit 10 nicht entweichen können. Um dem Bersten des Hohlkörpers 1 vorzubeugen, ist dieser beispielsweise mit einem Überdruckventil 25 versehen, oder es muss sichergestellt sein, dass der Hohlkörper 1 bei ausgeschalteter, nicht kühler Wärmepumpe 13 und Maximaltemperatur T_{\max} dem entstehenden Maximaldruck standhält. Um den Wärmeaustausch zwischen der Umgebung und dem geheizten oder gekühlten System bestehend aus Behälter 9 und Blase 12 zu verlangsamen und so die benötigte Leistung für die Wärmepumpe 13 zu reduzieren, kann die Blase 12 thermisch isoliert werden.

Fig. 3a,b zeigen das erste Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2a,b in einem Zustand, mit nahezu vollständig kondensierter volatiler Flüssigkeit 10 und im Wesentlichen geleerter, zusammengefallener, schlaffer Blase 12. Der Druck p_2 im Hohlkörper 1 und in der Blase 12 ist kleiner als der Druck p_1 . In Fig. 3a ist ein Querschnitt und in Fig. 3b ein Längsschnitt dargestellt.

Ähnliche elektrothermische Kontrollvorrichtungen sind zum Beispiel aus WO 01/53902 (D2) bekannt, wo die durch den Phasenwechsel entstehende Druckdifferenz zum Öffnen und Schliessen eines Ventils genutzt wird.

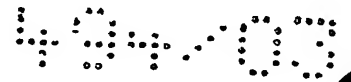
Fig. 4a,b,c zeigen Seitenansichten eines zweiten Ausführungsbeispiels eines elektrisch variablen pneumatischen Bauelemen-

tes, bei dem Länge und Spannung der Zugelemente 4 und des Druckstabes 2 veränderbar sind. In Fig. 4a ist das zweite Ausführungsbeispiel eines elektrisch variablen Bauelementes im passiven Zustand dargestellt, das heisst, die Längen und Spannungen von Druckstab 2 und Zugelementen 4 sind nicht elektrisch verändert. Fig. 4b und c zeigen schematisch und stark überhöht die Veränderung des Bauelementes bei aktiver Verlängerung des Druckstabes 2, in Fig. 4b, und bei Verkürzung der Zugelemente 4, in Fig. 4c. Die Kontrolle dieser Teile erfolgt elektrisch mittels elektroaktiver Keramiken (EAC) für den Druckstab 2 oder elektroaktiver Polymere (EAP) für die Zugelemente 4. Die genutzten physikalischen Effekte sind Piezoelektrizität und Elektrostriktion. Ein Beispiel für eine EAC ist Bleizirkonattitanat (PZT) und für einen EAP Polyvinyliden-Difluorid (PVDF). Auf dem Gebiet piezoelektrischer und elektrostriktiver Materialien und Aktoren wird intensiv geforscht und dem Fachmann ist es möglich, geeignete EAC für den Druckstab und EAP für die Zugelemente zu wählen, zu Stapeln oder zu Bündeln, eventuell vorzuspannen und mit anderen Materialien in Verbundbauweise zu kombinieren.

Der Vorteil der obenerwähnten elektrischen Aktoren liegt im Vergleich zu elektromagnetischen Aktoren darin, dass sie keine bewegten Teile haben und daher kaum Verschleisserscheinungen auftreten. Das Material selbst verformt sich.

Um eine Rückmeldung über den Spannungszustand des Druckstabes 2 oder der Zugelemente 4 an die Regelelektronik zu erhalten, werden Druckstab 2 und Zugelemente 4 zusätzlich zu den Aktoren mit Sensoren versehen. Dies können z.B. Widerstands-, Dehnungsmessstreifen oder andere elektrische Längen- oder Spannungssensoren sein oder es werden intelligente Aktoren eingesetzt. Solche bestehen aus Material mit gleichzeitig aktorischem und sensorischem Verhalten, was prinzipiell auf alle piezoelektrischen Materialien zutrifft.

Druckstäbe mit z.B. EAC Stapelaktoren und Zugbänder mit z.B. aramidarmierten PVDF-Aktorbündeln in der Art künstlicher Muskeln ermöglichen zur Zeit relative Längenänderungen im Prozentbereich und die erzeugte Spannung liegt momentan im Bereich von 50 bis 100 MPa. Im Vergleich zu den relativ grossen



Druckänderungen, die mittels elektrothermischer fluidverstärkter Aktoren im Hohlkörper 1 erreicht werden, sind die Variationsmöglichkeiten in Druckstab 2 und Zugelementen 4 kleiner. Die Reaktionszeit für eine Druckänderung im Hohlkörper 1 ist verhältnismässig lang und die Druckregelung verhält sich dementsprechend träge, während elektroaktive Aktoren sehr schnell agieren können.

Dies ergibt unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten für die verschiedenen Kontrollvorrichtungen. Die Druckkontrolle bezweckt die Erhaltung eines konstanten Druckes und somit gleichbleibender Spannung des Bauelementes. Dazu genügt eine Adaption mit Reaktionszeiten im Bereich von Minuten.

Durch Temperaturschwankungen im Tagesverlauf oder durch Sonneneinstrahlung verursachte Druckschwankungen können auf diese Weise kompensiert werden.

Die elektroaktive Spannungskontrolle von Druckstab und Zugelementen bietet sich hingegen zur Vibrationsdämpfung und insbesondere auch zur Überwachung des Bauelementes an.

Zur Dämpfung von z.B. durch Wind bewirkten Schwingungen des Bauelementes werden die Aktoren beispielsweise in Gegenphase zum elektrischen Signal der Sensoren betrieben. Mit den Sensoren in Druckstab und Zugbändern ist eine genaue Bestimmung des Belastungszustandes des Bauelementes möglich. Fehlfunktionen oder Annäherung an Belastungsgrenzen können unverzüglich registriert werden. Denkbar ist des Weiteren auch das Zusammenfügen derartiger elektrisch variabler Bauelemente zu einer schallsensitiven Struktur, bei sensorischer Nutzung, oder einer schallerzeugenden, bei aktorischer Nutzung.

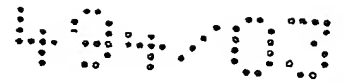
Um grössere Stellwege für die Längenänderung in Druckstab und Zugelementen zu ermöglichen, ist der Einsatz von piezoelektrischen Linearmotoren denkbar und entspricht dem erfinderischen Gedanken.

Werden bei Ausführungen des Bauelementes mit mehreren Druckstäben 2 diese nicht gleichsinnig verändert, so können Biegemomente in verschiedene Richtungen erzeugt werden.

Fig. 5 zeigt ein mögliches Ausführungsbeispiels eines elektrisch variablen Druckstabes 2, der teilweise aus einem Stapelaktor 17 aus EAC besteht. Die Längenänderung, je nach Po-

lung Verlängerung oder Verkürzung, der einzelnen Aktorelemente 18 summieren sich zur Gesamtlängenänderung des Stapelaktors 17. An die Aktorelemente 18 wird alternierend positive und negative Spannung angelegt, so dass in ihnen abwechselnd einander entgegengesetzte elektrische Felder E in der Achse des Druckstabes 2 entstehen. Der piezoelektrische Effekt führt zur Ausdehnung oder zur Verkürzung der Aktuatorelemente 18 in Feld- und Achsrichtung. Im Druckstab 2 integriert ist zudem ein beispielsweise piezoelektrischer oder piezoresistiver Spannungssensor 19. Ein Kabel 16, Stromversorgung und Datenleitung enthaltend, verbindet Sensor und Aktor mit der Regelelektronik 23, welche ein einzelnes oder einen Verbund von pneumatischen Bauelementen überwacht, steuert oder regelt. Eine solche Regelelektronik ist Stand der Technik und wird hier daher nicht näher erläutert.

In Fig. 6 dargestellt ist ein Längsschnitt durch ein mögliches Ausführungsbeispiel eines Zugelementes 4 mit integriertem elektrostriktivem mehrschichtigem Aktor. Auf einer dehnungsarmen Trägerschicht 20, z.B. einem aramidverstärkten Band, sind über einen Teil oder die ganze Länge des Zugelementes 4 mehrere elektrostriktive Polymerschichten 21 aufgebracht, getrennt und eingefasst durch elektrisch leitende Leiterschichten 22. Die Leiterschichten 22 können alternierend positiv und negativ unter Spannung gesetzt werden und erzeugen so in den dazwischenliegenden elektrostriktiven Polymerschichten 21 elektrische Felder E quer zum Zugelement 4. Die Polymerschichten 21 dehnen sich bei angelegter Spannung in Richtung des elektrischen Feldes aus. Die Querschnittsfläche des Zugelementes 4 vergrößert sich und seine Länge verkürzt sich aufgrund der Volumenerhaltung.



Patentansprüche

1. Pneumatisches Bauelement

- 5 - mit einem luftdichten und durch Druckluft beaufschlagbaren langgestreckten Hohlkörper (1) aus flexiblem Material,
- 10 - mit mindestens einem Druckstab (2), der längs einer Mantellinie des Hohlkörpers (1) an diesem anliegt und gegen Verschieben und Ausknicken gesichert ist, ferner
- 15 - mit mindestens einem Paar von Zuelementen (4), die an den beiden Enden des mindestens einen Druckstabes (2) befestigt sind, zu welchem Zweck der Druckstab (2) an jedem Ende einen Knoten (3) aufweist zur gegenseitigen kraftschlüssigen Befestigung von Druckstab (2) und Zuelementen (4) und zur Aufnahme von Auflagerkräften, wobei des Weiteren die mindestens zwei Zuelemente (4) mit mindestens einem Umgang schraubenförmig gegenläufig um den Hohlkörper (1) herumgelegt sind und einander auf eine dem Druckstab (2) gegenüberliegenden Mantellinie (7) des Hohlkörpers (1) überschneiden, dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 - Mittel integriert sind, mittels welchen mindestens einer der Betriebsparameter Druck im Hohlkörper (1), Länge des Druckstabes (2) oder Länge der Zuelemente (4)
- 25 elektrisch verändert werden können.

2. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- 30 - Mittel integriert sind, mittels welcher der Druck p_1 im Hohlkörper (1) elektrisch verändert werden kann.

3. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- 35 - der Hohlkörper (1) in seinem Innern eine gasdichte flexible Blase (12) mit geringerem Volumen als demjenigen des Hohlkörpers (1) aufweist,

- innerhalb der Blase (12) ein Behälter (9) angebracht ist, der eine volatile Flüssigkeit (10) enthält,
 - eine Wärmepumpe (13) mit umkehrbarer Wärmestromrichtung vorhanden ist, mittels welcher die Flüssigkeit (10) ge-
5 heizt und gekühlt werden kann, und deren eine Seite thermisch mit der Flüssigkeit (10) in Kontakt steht und deren andere Seite mit dem Aussenraum ausserhalb der Blase (12) Wärme austauschen kann,
 - die Druckveränderung elektrothermisch fluidverstärkt
10 herbeigeführt werden kann.
4. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- sich mindestens ein elektrischer Gasdrucksensor (14)
15 innerhalb der Blase (12) befindet.
5. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Blase (12) aus flexiblem, dehnungsarmem Material
20 gefertigt ist.
6. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Blase (12) aus elastischem Material gefertigt ist.
25
7. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Druckstab (2) Mittel enthält zu seiner elektrischen
30 Längenänderung.
8. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Mittel zur Bewirkung der Längenänderung des Druck-
35 stabes (2) aus mindestens einem auf elektroaktiver Keramik (EAC) basierenden Aktor bestehen.



9. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- es sich beim mindestens einen verwendeten EAC-Aktor um einen Stapelaktor (17) handelt, also einer Aneinanderreihung mehrerer EAC-Aktoren (18).
10. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Zugelement (4) Mittel enthält zu seiner elektrischen Längenänderung.
11. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Mittel zur Bewirkung der Längenänderung des Zugelementes (4) aus mindestens einem auf elektroaktiven Polymeren (EAP) basierenden Aktor bestehen.
12. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass
- der mindestens eine Aktor aus mehrschichtigen EAP besteht.
13. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 7 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Mittel zur elektrischen Längenänderung von Druckstab (2) und Zugelementen (4) piezoelektrische Linearomotoren sind.
14. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass
- mindestens ein Sensor zur Messung der Längenänderung des Druckstabes (2) und der Zugelemente (4) vorhanden ist.

15. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 4 bis 6 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine elektrische Steuer- und Regelvorrichtung (23) vorhanden ist, welche mit den Sensoren und Aktoren des Bauelementes verbunden ist, und mit Hilfe derer die Betriebsparameter des Bauelementes überwacht und verändert werden können.

16. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 2 bis 6 und 7 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass

- gleichzeitig Mittel zur Änderung des Druckes p_1 im Hohlkörper (1) und Mittel zur elektrischen Längenänderung des Druckstabes (2) vorhanden sind.

17. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 2 bis 6 und 10 bis 12 dadurch gekennzeichnet, dass

- gleichzeitig Mittel zur Änderung des Druckes p_1 im Hohlkörper (1) und Mittel zur elektrischen Längenänderung der Zugelemente (4) vorhanden sind.

18. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 2 bis 6 und 7 bis 9 und 10 bis 12 dadurch gekennzeichnet, dass

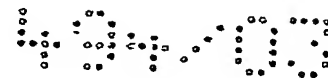
- gleichzeitig Mittel zur Änderung des Druckes p_1 im Hohlkörper (1), Mittel zur elektrischen Längenänderung des Druckstabes (2) und Mittel zur elektrischen Längenänderung der Zugelemente (4) vorhanden sind.

19. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Blase (12) eine thermische Isolation aufweist.

20. Pneumatisches Bauelement nach einem der Patentansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Wärmepumpe (13) ein Peltierelement ist.



Zusammenfassung

Der Hohlkörperinnendruck p_1 eines pneumatischen Bauelementes bestehend aus einem Hohlkörper (1) mindestens zwei Zugelementen (4) und mindestens einem Druckstab (2) kann elektrothermisch fluidverstärkt variiert werden. Im Hohlkörper (1) befindet sich eine Blase (12), ein Gas (15) enthaltend, und ein Behälter (9), welcher eine volatile Flüssigkeit (10) enthält. Die Flüssigkeit (10) kann mittels einer Wärmepumpe (13) geheizt oder gekühlt werden. Die Wärmepumpe (13) steht mittels Lamellen (24) thermisch mit der Flüssigkeit (10) in Kontakt. Ein Drucksensor (14) misst den Druck in der Blase (12). Ein Kabel (16) verbindet den Sensor (14) und die Wärmepumpe (13) mit einer Steuer- und Regelelektronik (23).

(Fig. 2a)

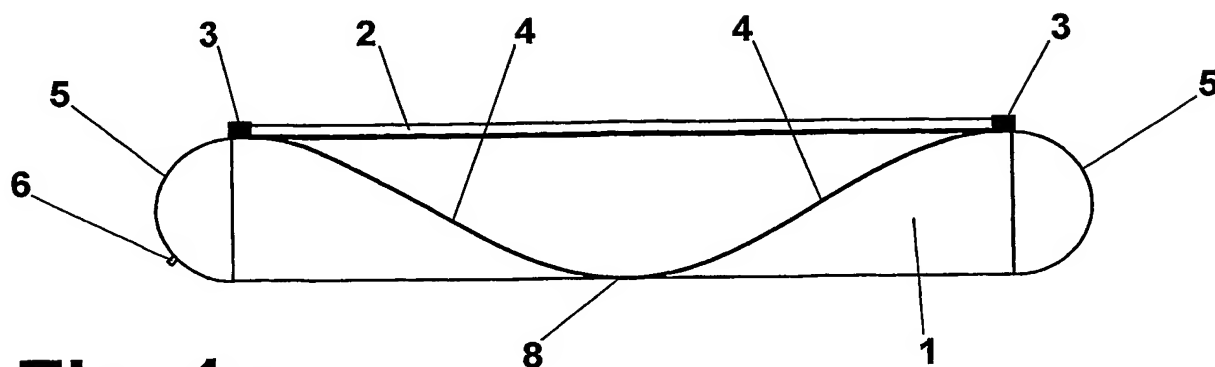


Fig. 1a

Stand der Technik

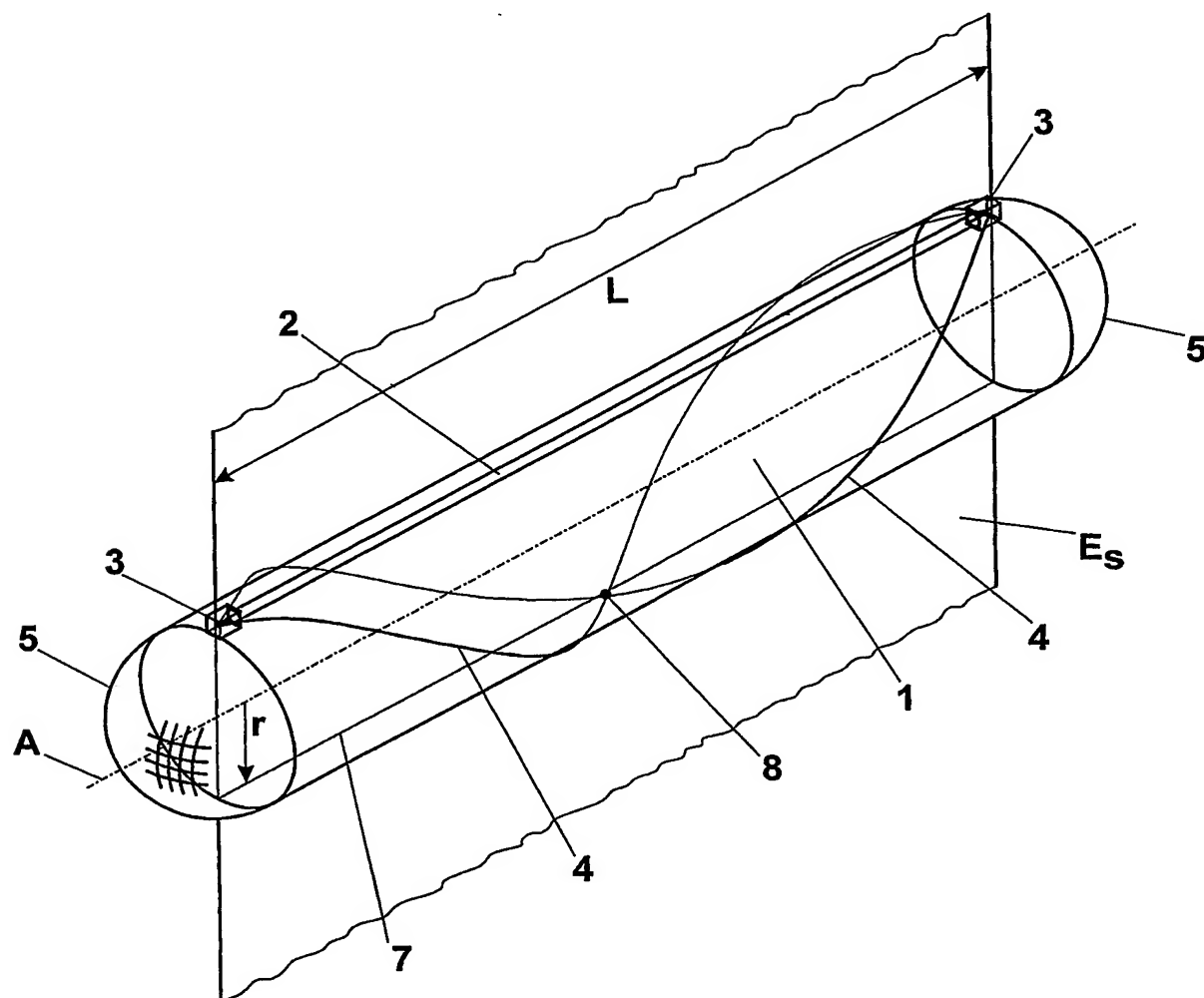


Fig. 1b

Stand der Technik

PAR-0301

2/5

4 2 0 3

Fig. 2a

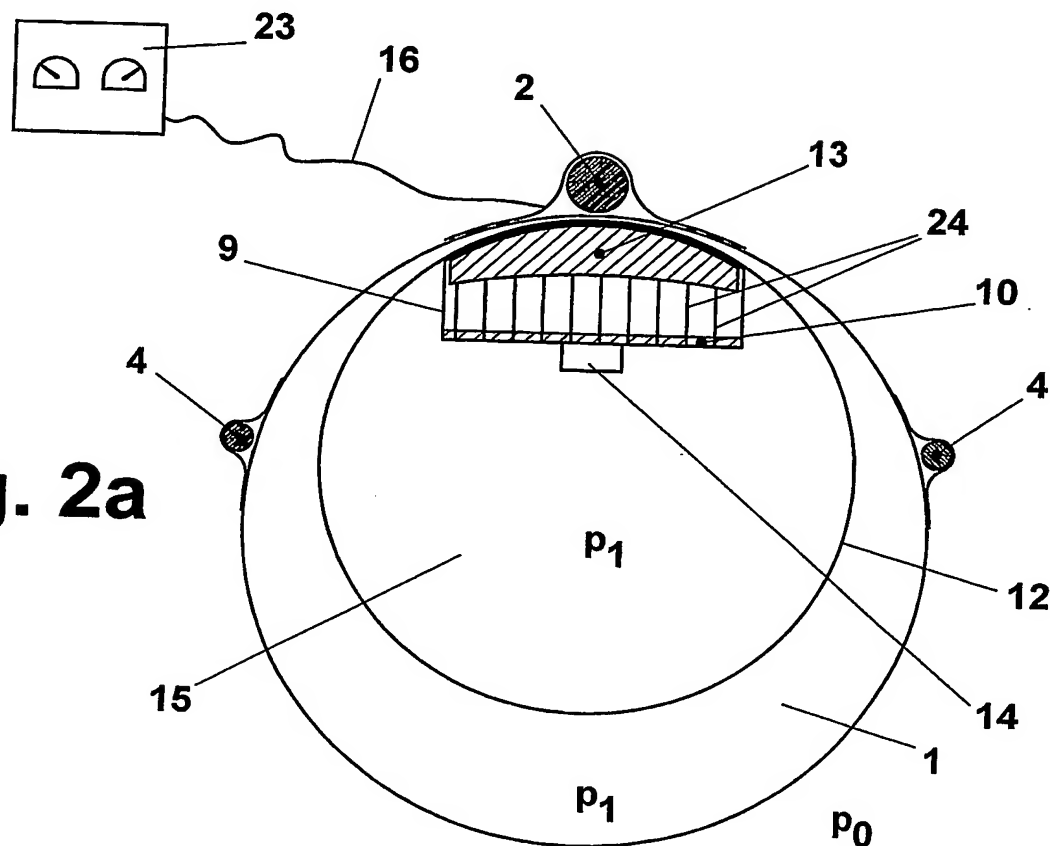
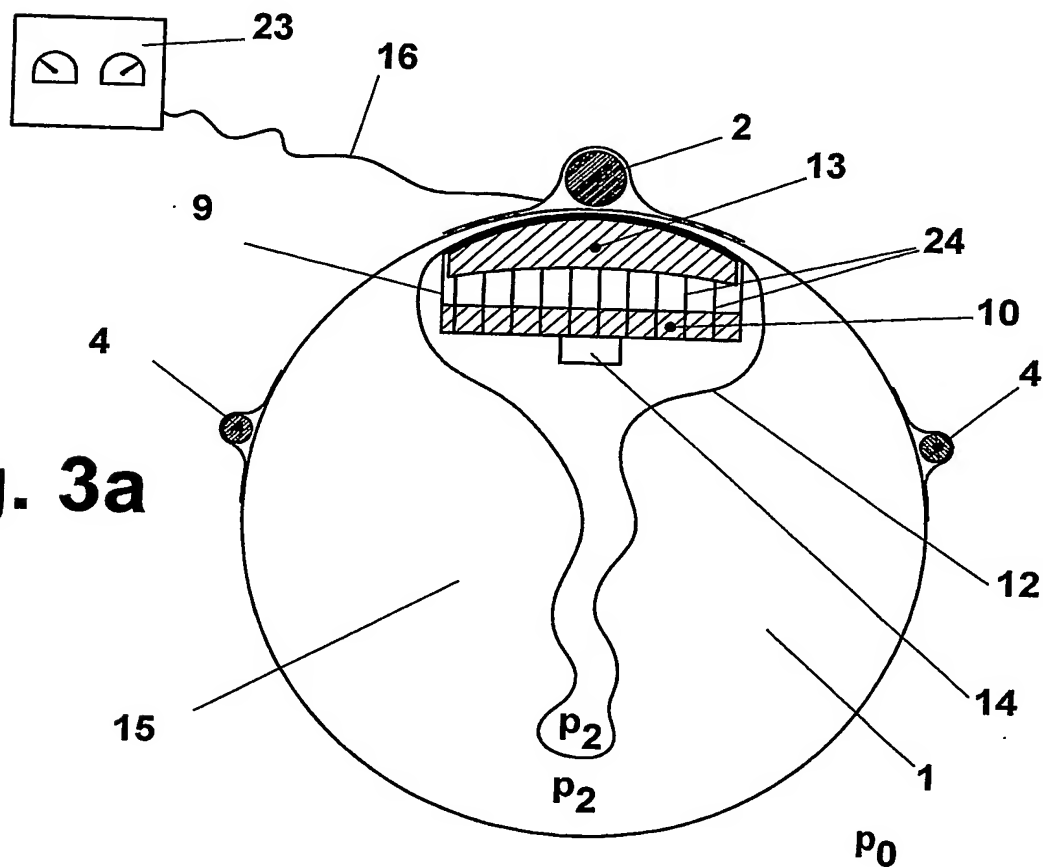


Fig. 3a



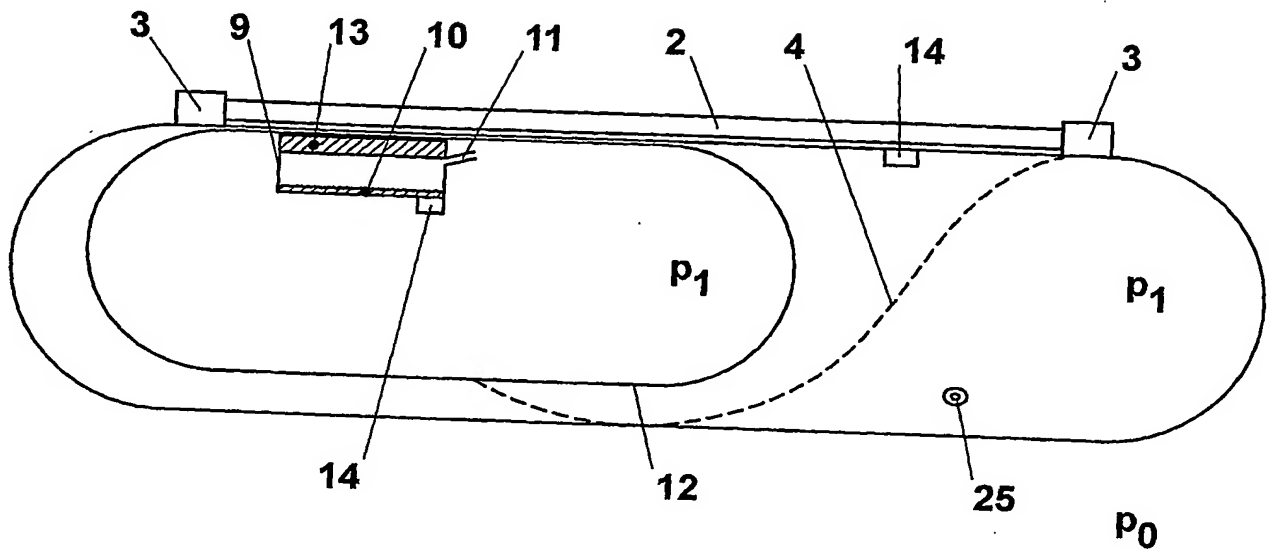


Fig. 2b

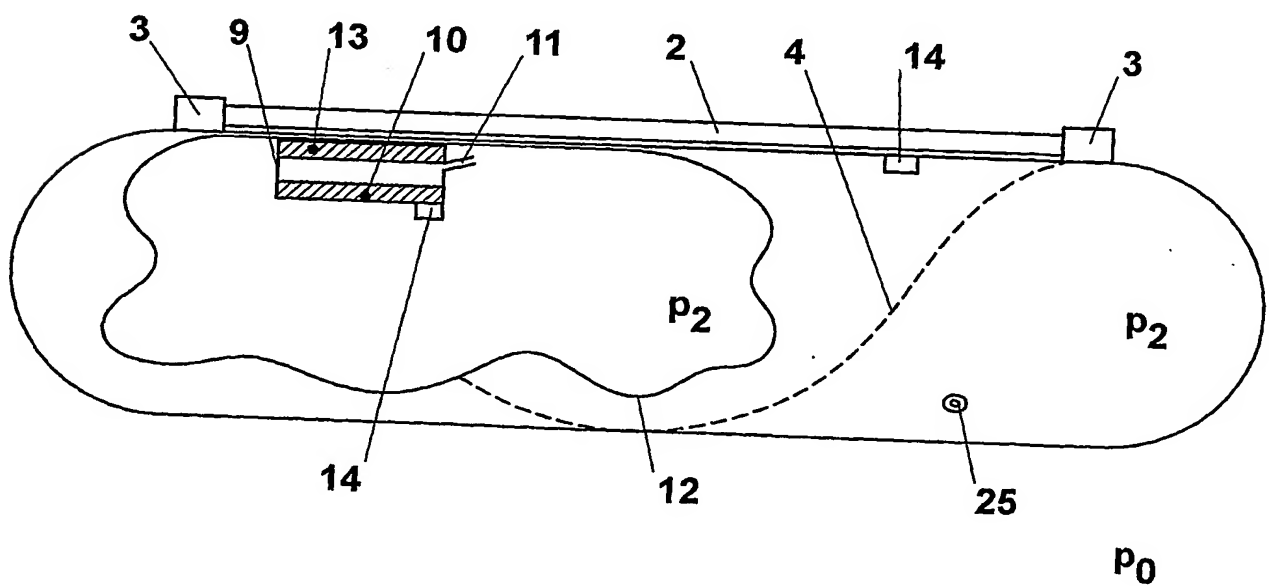


Fig. 3b

PAR-0301

4/5

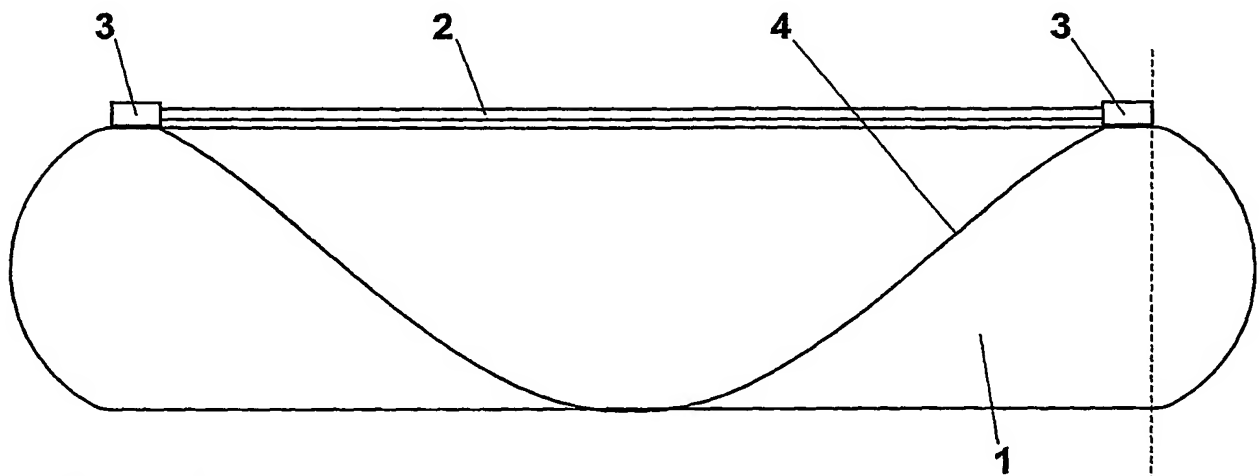


Fig. 4a

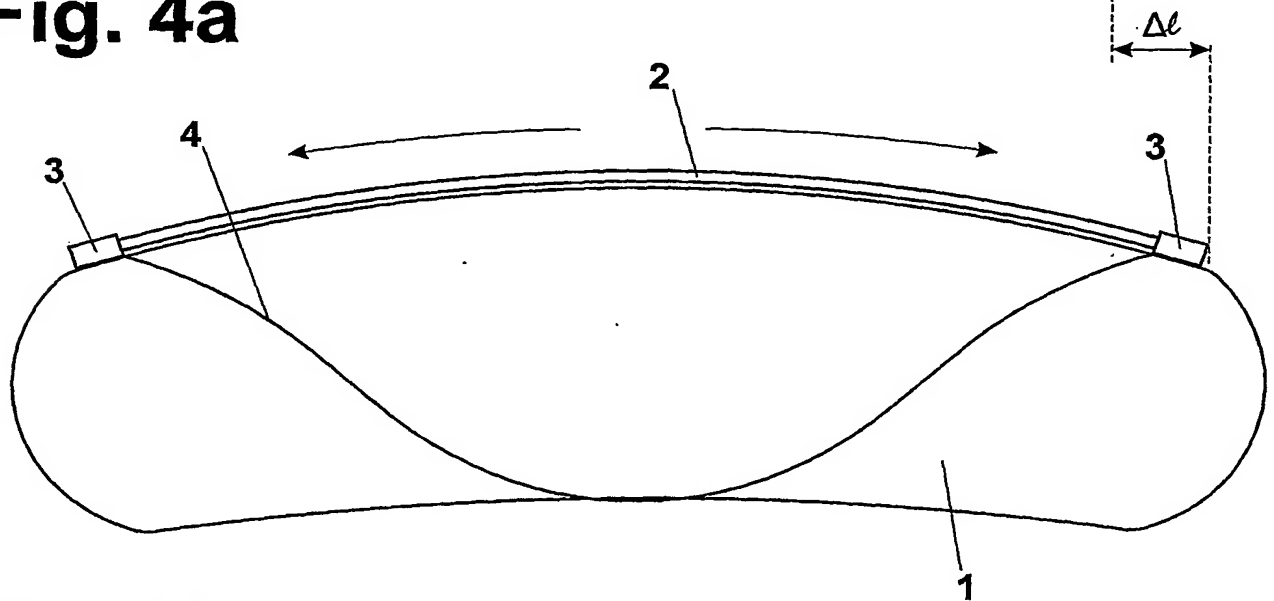


Fig. 4b

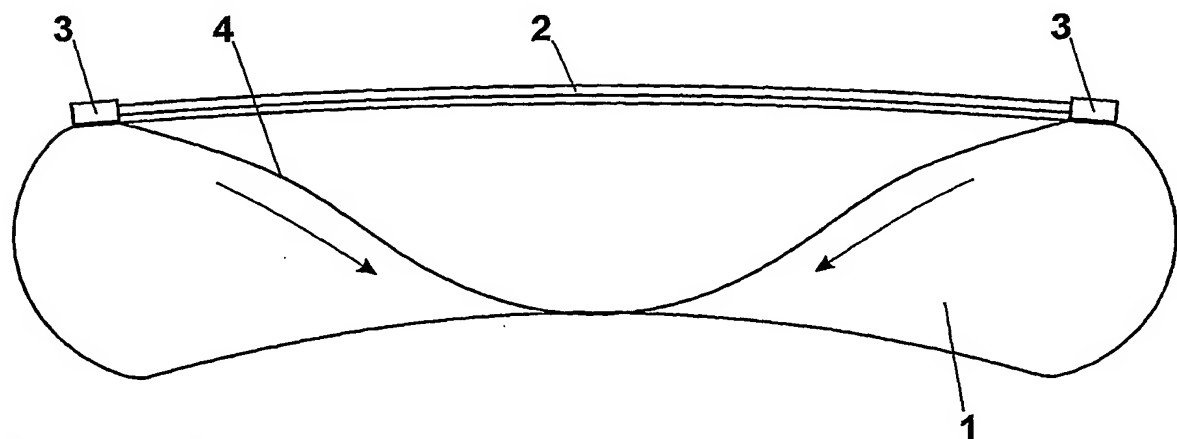


Fig. 4c

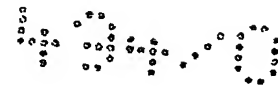


Fig. 5

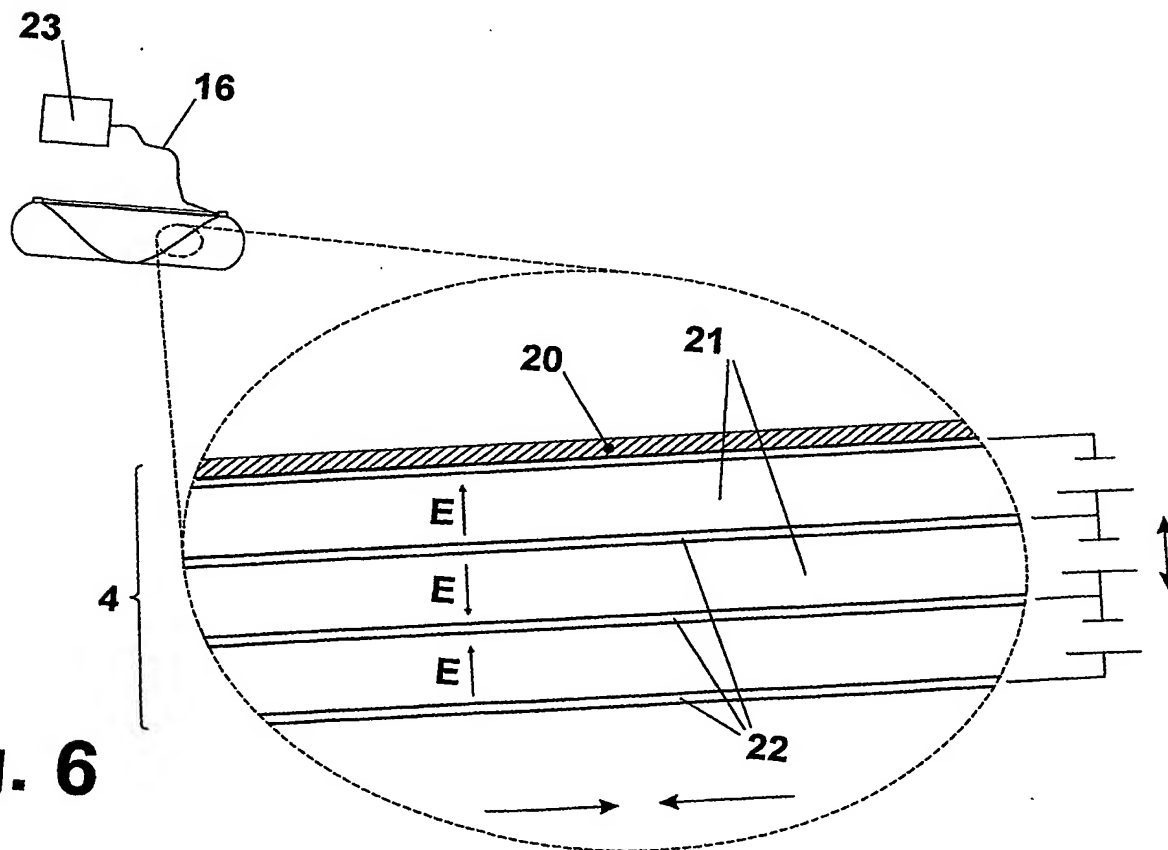
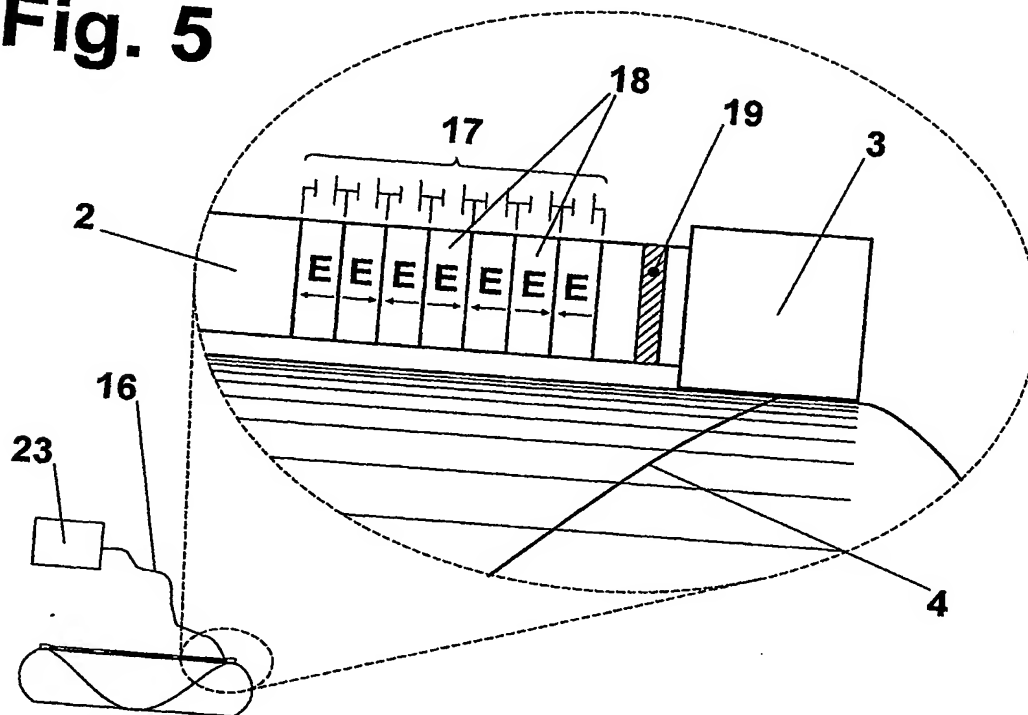


Fig. 6

PCT Application
PCT/CH2004/000072

